تصنيع ودراسة خصائص المفرق الهجين PbTe/Si كخلية شمسية

علي هادي الحمداني * ياسمين زيدان داود **

تاريخ قبول النشر ٢٠٠٤/٤/١٣

الخلاصة

في هذا البحث تم تصنيع ودراسة خصائص الخلية الشمسية نوع المفرق الهجين PbTe/Si بطريقة التبخير الحراري بالفراغ. حيث تم دراسة خصائص الخلية عند درجة حرارة الغرفة. أوضحت قياسات تيار دائرة القصر السلوك الخطي للخلية المصنعة. بلغت قيمة I_{sc} (71? A) وقيمة V_{oc} تصل إلى(340 mv). كما تم حساب كفاءة أداء الخلية المصنعة (η=1%) وكذلك حساب عامل الملء للخلية (FF=0.48).

المقدمة

بسبب التقدم الحاصل في نبائط أشباه الموصلات اتجه الباحثون في السنوات الأخيرة إلى تطوير الخلايا الشمسية ذات المفرق الهجين, لما تمتاز به هذه المفارق الهجينة heterojunction من مواصفات عالية حيث أصبحت منافسة للمفارق المتجانسة في تصنيع نبائط أشباه الموصلات مثل (الخلايا الشمسية موضوع بحثنا) وكذلك الكواشف والترانستور وليزر أشباه الموصلات وكذلك عمل ليزر باستخدام تقنية double heterojunction الذي يمكن أن يعمل بدرجة حرارة الغرفة وبالنمط المستمر C.W. [1-3].

يمكن أن نعرف المفارق الهجينة بصورة عامة على انه السطح الفاصل بين مادتين شبه موصلتين مختلفتين في كل من فجوة الطاقة Eg والألفة الإلكترونية χ ودالة الشغل(f) وثابت العزل الكهربائي ε [4].

يمكن تحقيق ظاهرة النافذة (window effect) في حالة تكوين مفرق هجين من مادة ذات فجوة طاقة عريضة ترسب على سطح مادة ذات فجوة طاقة ضيقة ,فقد تمكن الباحثين من بلوغ أعلى كفاءة تحويل تصل إلى 22% مما جعلها تستخدم في تصنيع الخلايا الشمسية [6,5].

أن نظرية المفارق المتجانسة سوف لن تطبق على المفارق الهجينة (hj) بسبب عدم التطابق الشبيكي مهما كان صغير 1% والذي يكون كافي لخلق حالات السطح الفاصل والتي تؤثر على خواص المفرق. أن الانخلاعات الداخلية سوف تحدث بسبب عدد من عمليات إعادة الاتحاد للحاملات حتى لو كان عدم التطابق الشبيكي اقل من [7] . 0.05%

في بحثنا هذا تم استخدام المادة التي تقع ضمن المجموعة (IV-VI) والمرسبة على شرائح سلكونية ضمن المجموعة (IV) حيث تمت الدراسة على درجة عالية من عدم التطابق الشبيكي وبلغت 18% , بتطبيق العلاقة [٧،١]:

$$m^* = \frac{a_1 - a_2}{a_1 + a_2}$$

بحيث أن $a_1 > a_2$

الجانب العملي والقياسات

استخدمت شرائح سليكونية أحادية البلورة من النوع المانح مشابه بالفسفور وباتجاهيه (١١١) وبمقاومة سطحية (6Ω/cm2) .في البدء تم تنظيف العينات بالماء المقطر ثم وضعها في كحول الايثانول لمدة 10min في جهاز الذبذبات فوق الصوتية للتخلص من الشوائب والمواد العالقة بالقاعدة. بعد ذلك إجراء عملية التنميش الكيميائي chemicaleching بمحلول CP-4 بنسب حجميه 3:5:3 من المواد ($CH_3COOH:HNO_3:HF$) على التوالي لمدة 2-3min لإزالة طبقة الاوكسيد والشوائب. بعدها تم غسلها بكحول الايثانول

* دكتوراه- استاذ مساعد مركز بحوث الطاقة الشمسية
** فيزياوي مركز بحوث الطاقة الشمسية

لإزالة الحمض المتبقي ومن ثم غسلها بالماء المقطر وبعدها تجفف بالهواء الساخن . تمت عملية التبخير للمادة PbTe عالية النقاوة 99.99% وبسمك ٥٠٠ Å باستخدام منظومة التبخير الحراري تحت ضغط 10^{-6}torr , وبعدها تم عمل الأقطاب من معدن الانديوم (يعطي اتصالا اوميا) باستخدام نفس منظومة التبخير .
وللوقوف على طبيعة أداء الخلية المصنعة أجريت قياسات منها :

١- تم دراسة تأثير هول لمعرفة نوع توصيلية الغشاء PbTe المرسب ومعرفة تركيز حاملات الشحن n ومعامل هول R_{II} وتحركية حاملات الشحن μ_{II} . تحت تأثير مجال مغناطيسي شدته ٠,٠٤٥T عمودي على الغشاء من ملف كهرومغناطيسي ويتم تسليط فرق جهد ثابت بقيم متغيرة وتسجل قيم فولتية هول R_{II} والتي تتغير مع تغير قيم التيار المار في الغشاء وبتطبيق العلاقة الآتية نجد معامل هول [8]:

$$R_{II}=\frac{V_{II}}{I}.\frac{t}{B} \quad \ldots\ldots\ldots 1$$

t : سمك الغشاء

أما تركيز حاملات الشحن يحسب من العلاقة [9]:

$$n=\frac{1}{R_{II}e} \quad \ldots\ldots\ldots 2$$

وكذلك تحسب تحركية حاملات الشحن من العلاقة [9,8]:

$$\mu_{II}=\sigma R_{II} \quad \ldots\ldots\ldots 3$$

٢- قياس تيار دائرة القصر والذي يمثل مقدار التيار المار في الدائرة بدون جهد انحياز كدالة لشدة الضوء الساقط. وذلك باستخدام الدائرة الموضحة بالشكل (١).

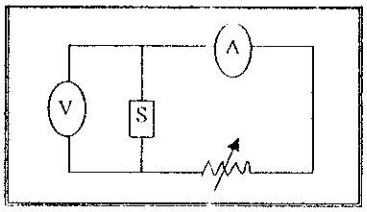
٣- قياس فولتية الدائرة المفتوحة والتي تمثل مقدار الفولتية المارة في المفرق كدالة لشدة الضوء الساقط.

٤- قياس V_{OC}كدالة لـ I_{SC} عند كثافة قدرة ضوئية $20mW/cm^2$ بتغير المقاومة المربوطة معها لحساب عامل الملء بتطبيق العلاقة:

$$FF=\frac{V_m I_m}{I_{sc}.V_{oc}} \quad \ldots\ldots\ldots 4$$

بعدها تم حساب كفاءة الخلية الشمسية المصنعة باستخدام العلاقة:

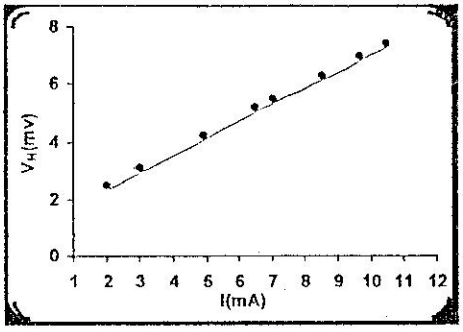
$$\eta=\frac{I_{sc}.V_{oc}.FF}{Pin}\times 100\% \quad \ldots\ldots\ldots 5$$



الشكل (1) مخطط الدائرة الكهربائية المستخدمة في القياس

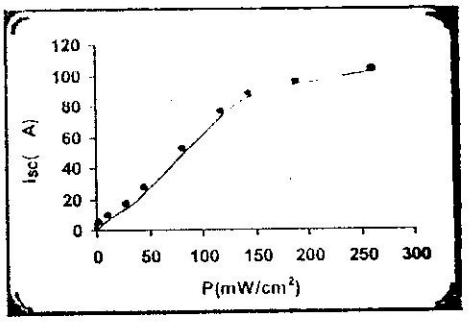
النتائج و المناقشة

بينت نتائج دراسة تأثير هول أن غشاء PbTe يمتلك توصيلية كهربائية من النوع الموجب وذلك بالاعتماد على دراسة العلاقة بين فولتية هول والتيار الكهربائي حيث تكون العلاقة طردية بين (V_{II},I) وقيمة RH قيمة موجبة [8]. كما موضح بالشكل(٢). كما تم حساب تركيز حاملات الشحن من العلاقة (2) ووجد انه يساوي ($1.12*10^{20}$ cm^{-3}) وبتطبيق العلاقة (3) وجد أن تحركيه حاملات الشحن تصل إلى (27.58 $cm^2.v^{-1}.s^{-1}$).



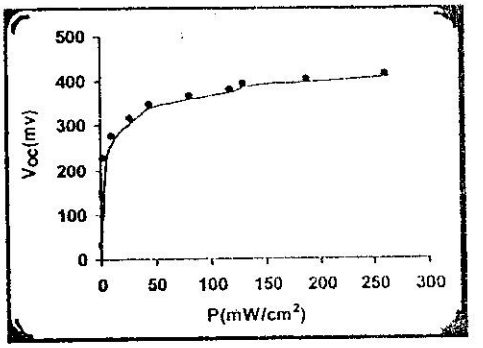
الشكل (2) العلاقة بين فولتية هول والتيار المار

يوضح الشكل(٣) منحني تغير تيار دائرة القصر دالة لشدة الضوء. من المهم تحديد المدى الذي تعمل به الخلية لأنه يعمل ضمن مدى محدد من الأشعة الساقطة عليه، حيث تتغير فيها قيم كل من V_{oc} و I_{sc} بصورة خطية مع شدة الأشعة الساقطة حتى قيم محددة تتمثل بمنطقة اشتغال الخلية (Linearity Region)، بعدها تميل الخلية إلى التشبع، حيث تستنفذ كل مزدوجات إلكترون – فجوة في منطقة النضوب وعلى مسافة انتشار الحاملات، إذ يكون مقدار التغير في استجابة الخلية مقارب إلى الصفر.



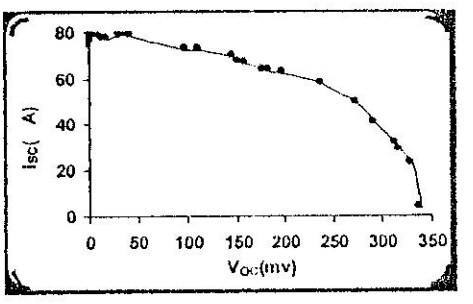
الشكل (3) منحني تغير تيار دائرة القصر كدالة لشدة الضوء

أما الشكل (٤) يبين تغير قيم فولتية الدائرة المفتوحة مع قدرة الأشعة الساقطة, والتي تمثل قيم V_{oc} المزدوجات المتولدة بواسطة المجال الكهربائي الداخلي دون الحاجة الى تسليط انحياز خارجي .



الشكل (4) منحني تغير فولتية الدائرة المفتوحة كدالة لشدة الضوء

يبين الشكل (٥)يمكن ملاحظة تغير قيم تيار دائرة القصر I_{sc} مع فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} عند إضاءة الخلية بكثافة قدرة ضوئية مقدارها $20mW/cm^2$ ومنه تم حساب عامل الملء والذي بلغ بحدود (٠.٤٨) ,الذي يمكن من خلاله حساب كفاءة التحويل للخلية المصنعة وكانت بحدود (١ %).



الشكل(5)تغير قيم تيار دائرة القصر مع فولتية الدائرة المفتوحة.

نستنتج من نتائج تأثير هول بان المادة PbTe المرسبة ذات توصيلية قابلة p-type أي أن المفرق المصنع من النوع الغير متماثل والذي عند استخدمه كخلية شمسية تكون كفاءته قليلة.

References

1. Alchalabi, K. D.Zimin & H.Zogg 2001, *"Monolithic Heteroepitaxil PbTe-on-Si Infrared Focal Plane Array With 96*128 Pixels"*, IEEE Electron Device Letters , .3:110-112.
2. Alferov, Zh.I., 1989 *"Semiconductor Heterostructures : Physical Processes and Application"*, Printied in U.S.S.R.
3. Morgan D.V. & R.H.William, 1990 *"Physics and Technoloy of Heterojunction Devices"*, London.
4. Idnov, D.I. I.V.Saunin, D.A . Yas,Kov, 1984 *"Electrecal Properties of p-n Junction Formed in Lead Telluride Films"* , Sov.Phy.Semicon., 18(5):.510-511.
5. Tamagawa, T.Shintani, T.Veba, H.Tatsugama, C.Nakagawa, K. Miyao, 1996 *"Structural charcterication of Si/Ge Supelattices Grown on Si (001) Surface by MBE"*, Thin solid films, Vol.237.
6. Obata,T K.Kameda, T.Veba, H.Tasuyame, 1997 *"Structural charcterication of $Si_{0.7}/Ge_{0.3}$ Layer Grown on Si (001) Substraters by MBE "*, J.Appli. Phys., 81(1):1 Junu.
7. Vaya, P.R. J.Majhi, B.S.V. Gopalam & C.Dattatreyan 1986, *"Study an n-PbTe/p-Si Hererostructures "*, Phys. Stat. Sol.(a), .93(1):353-360.
8. Vaya, P.R. J.Majhi, B.S.V. Gopalam & C.Dattatreyan, 1985 *"Hall mobility and field effect mobility studies on PbTe HWE thin films"*, Applications of surface Science, 22/23:731-736.
9. Au, A.Bolkov and V.A.Kutasav 1983 *"Influence of boundary Layers on the electrical properties of*

lead telluride thin films", Sov. Phys. Solid state, 25(1)1722-1724.

Fabrication and study the characteristic of PbTe\Si heterojunction as asolar cell

Ali H. Al-hamdani **Yassamen Zaydan**

Solar research center-Baghdad- Jadriya

Abstract

In The present work, PbTe/Si heterojunction solar cell has been fabricated by vacuum evaporation technique, the cell parameters were investigated at room temperatures. The short circuit current, open circuit voltage measurement shows the linear behavior. Of the cell The I_{sc} was (7\ ? A) and V_{oc} to (340mv).The conversion efficiency of the solar cell equal (1 %) and the fill factor was (0.48).

رئيس التحرير
الدكتور إبراهيم شعبان داود
أستاذ - علوم الحياة

سكرتير التحرير
الدكتور عزيز خالد حميد
أستاذ مساعد - علوم الحياة

هيئة التحرير

الدكتور هداد شعبان داود	استاذ - علوم حياة
الدكتور ريان عباس عبد الجبار	استاذ مساعد - علوم حياة
الدكتور احمد عبد الحسن احمد	استاذ مساعد - كيمياء
الدكتور علي سبع مجباس	استاذ مساعد - رياضيات

مجلة تكريت للعلوم الصرفة . مجلة علمية دورية
تصدرها كلية العلوم - جامعة تكريت

عنوان المراسلات :
سكرتير تحرير مجلة تكريت للعلوم الصرفة
كلية العلوم ص.ب ٤٢ جامعة تكريت / محافظة صلاح الدين

1-يتعهد الباحث خطيا إلى هيئة التحرير بعدم إرسال البحث إلى جهة أخرى وان البحث غير مقبول للنشر سابقا.

2- لا يتجاوز عدد صفحات البحث (10) صفحات بضمنها الجداول والأشكال وما زاد عن ذلك يستوفي مبلغ إضافي عن كل صفحة (1000) ألف دينار.

3- تقبل البحوث باللغتين العربية والإنكليزية ويكون الباحث مسؤولا عن سلامة لغة البحث.

4- تقدم البحوث بأربع نسخ(بضمنها الأصلية) وعلى وجه واحد من الورق الابيض(A4) وبمسافة مزدوجة (DOUBLE SPACE) مع ترك مسافات لاتقل عن (3 سم) من جميع جهات الورقة.

5- يكون تسلسل محتويات البحث كما يلي:

ا-عنوان البحث ب-الخلاصة باللغتين ج- المقدمة د- مواد وطرائق البحث ه-النتائج و- المناقشة ويمكن جمع النتائج مع المناقشة ز-الاستنتاجات والمصادر.

6- يشار إلى المصادر في متن البحث مستعملا الأرقام (1,2,3) دون ذكر اسم الباحث أو السنة أو الكتب أو أي مصادر أخرى.

7- تقدم الصورة الفوتوغرافية والستراكيب الكيميائية والمعادلات الرياضية والكيماوية والمخططات وغيرها ان وجدت بأحجام مناسبة ويطبع وصفها على أوراق منفصلة ويشار إلى موقعها في البحث.

8- على الباحث تقديم وإخراج البحث بصورته النهائية بعد إجراء التعديلات المقترحة من قبل المقومين وفق مرفق البحث طبا بنسخة واحدة مع تحميله على قرص مرن(WORD 2000).

9- في حالة نشر البحث في المجلة تقوم إدارة المجلة بتزويد الباحث بنسخة مستلة من البحث المنشور.

10- لا تقبل البحوث للنشر إلا بعد دفع أجور النشر البالغة (25000) خمسة وعشرون ألف دينار من الباحثين الذين وردت أسمائهم في البحوث.

11- تعنون المراسلات إلى :

مجلة تكريت للعلوم الصرفة/ كلية العلوم ص.ب 42 تكريت /محافظة صلاح الدين/العراق

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد . 61 لسنة 1993.